

УДК 621.165

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК КОМБИНИРОВАННОГО ЦИКЛА ТИПА ЭТУ *

Балабанович В.К., Вербило И.Н., Скоробогатый Н.Н., Пантелей Е.А.,
Пантелей Н.В., Федерякин А.Н., Кулак Е.В., Глазков П.И.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Разработанные алгоритм и программа расчетов позволили получить основные характеристики простейшего варианта установки типа — ЭТУ—1 [1]. И там же приведена методика таких расчетов. Результаты расчетов основных характеристик ЭТУ—1 для одной из серий режимов ее работы приведены на рис. 1.

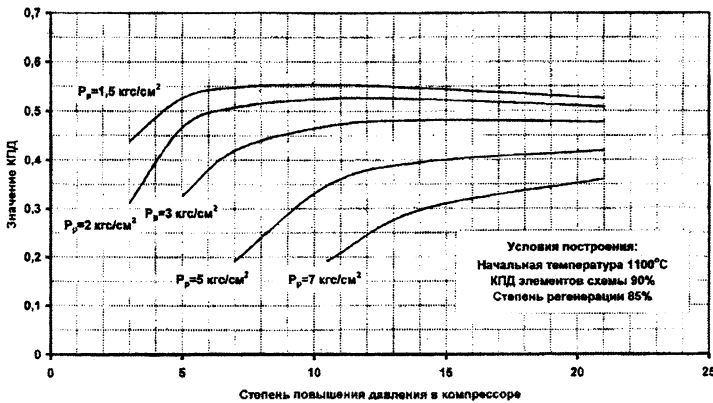


Рис. 1. Зависимость КПД ЭТУ—1 от степени повышения давления в компрессоре для разных величин разделительного давления (P_r) при постоянной начальной температуре рабочего тела перед тепловой машиной

Анализ результатов расчетов полностью подтверждает научно-технические предпосылки, положенные в основу разработки высокоэффективных энерготехнологических установок нового поколения. Представляется важным подчеркнуть два вывода. Снижение разделительного давления в цикле

* — условные обозначения и сокращения в соответствии с [1]

ЭТУ-1 приводит к росту ее внутреннего КПД и смещению его оптимума в сторону меньших значений степени повышения давления в компрессоре. Не менее важной является и пологость характеристик в широком диапазоне изменения начального давления цикла. Эти достоинства показывают на большие преимущества ЭТУ-1 в ее транспортном исполнении. Малая оптимальная величина степени сжатия упрощает как компрессорную, так и тепловую машину, а пологость характеристик гарантирует большие возможности двигателя выполняемого по принципу ЭТУ-1 при его применении в качестве транспортной установки (рис.2).

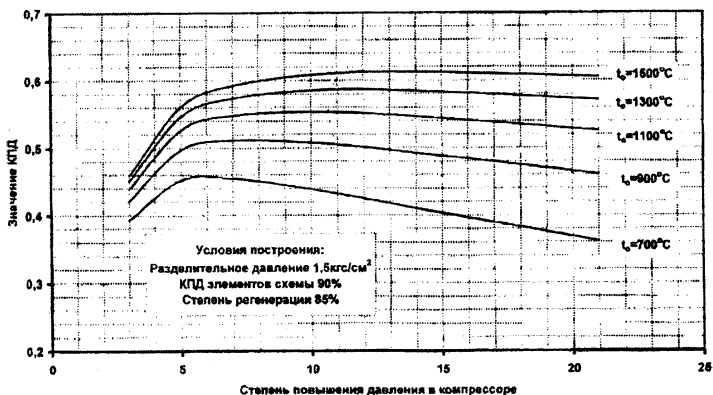


Рис. 2. Зависимость КПД ЭТУ-1 от степени повышения давления в компрессоре для разных значений начальных температур (t_1) рабочего тела перед тепловой машиной

Отметим достаточно высокий внутренний КПД ЭТУ-1. Но этим не ограничиваются ее достоинства. Основными из них являются прежде всего комбинированное производство технологических продуктов и достигаемый при этом экологический эффект обеспечиваемый за счет безотходной технологии такого производства. Можно подчеркнуть также, что тепловая электростанция, выполненная на основе энергоустановок типа ЭТУ, не будет иметь традиционной дымовой трубы.

Усложнение двигателя наращиванием его технологической схемы путем реализации парогазового варианта - ЭТУ-2 дополнительно повышает его эффективность. Принципиальная схема такого варианта дополняется паротурбинной установкой (ПТУ), котел-утилизатор которой включен последовательно в тракт рабочего тела за регенератором вместо теплофикационной

установки у ЭТУ-1. Схема ЭТУ дополнительно может быть усложнена также за счет включения в тракт рабочего тела теплонасосной установки для передачи низкопотенциальной теплоты путем ее трансформации в схему ПТУ, например, для подогрева конденсата пара. Результаты расчетных исследований основных характеристик такого двигателя приведены на рис.3.

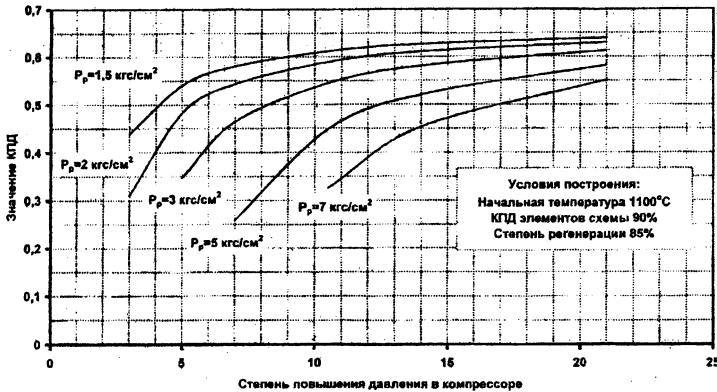


Рис. 3. Зависимость КПД ЭТУ-2 от степени повышения давления в компрессоре для разных величин разделительного давления (P_r) при постоянной начальной температуре рабочего тела перед тепловой машиной

Отличительной особенностью характеристик варианта ЭТУ-2 является повышение его КПД по сравнению с КПД простейшей установки — ЭТУ-1. При достигнутом в газовых турбинах уровне начальных температур 1300 °С величина внутреннего КПД такого двигателя приближается к 70%, что не имеет аналогов. Обращает на себя внимание и факт более высоких значений оптимальной степени повышения давления для ЭТУ-2 по сравнению с вариантом ЭТУ-1. Ее величина для ЭТУ-2 находится на уровне около двадцати (рис.4). Это является дополнительным достоинством варианта ЭТУ-2 при ее использовании в качестве стационарной установки для привода электрического генератора на ТЭС. Высокое давление рабочего тела обеспечит большие форсировочные возможности силовой установки обусловленные ростом расходов рабочего тела за счет повышения плотности среды.

Особенностью энерготехнологических установок типа ЭТУ является то, что они представляют собой упорядоченное соответствующим образом сочетание хорошо известных и достаточно отработанных технологических модулей. Собранные в единую установку они дают новое качество: работу

установки типа ЭТУ в предельном случае по безотходной технологии. Значимость таких технологий очевидна. Вместе с тем, отметим высокую эффективность комбинированного производства ТП, в том числе и по такому продукту как механическая (электрическая) энергия.

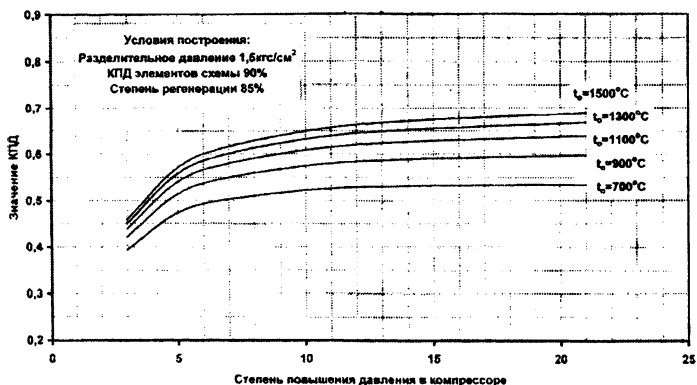


Рис. 4. Зависимость КПД ЭТУ-2 от степени повышения давления в компрессоре для разных значений начальных температур (t_1) рабочего тела

Высокая эффективность энергоустановок типа ЭТУ обусловлена рядом их преимуществ. Среди них — отсутствие необратимых потерь энергии при передаче тепловой энергии от рабочего тела ТМ к рабочему телу РМ, присущих бинарным установкам типа (ПГУ). Здесь имеется ввиду общее рабочее тело тепловой и расширительной машин. Использование скрытой теплоты парообразования водяных паров содержащихся в рабочем теле равноценно использованию высшей теплоты сгорания топлива. В установках типа ЭТУ повышается также и эффективность регенерации за счет внутреннего использования произведенных технологических продуктов в их схеме, например, хладоэнергии для предварительного охлаждения воздуха перед его сжатием в компрессоре, а также вследствие более высокой температуры рабочего тела за газовой турбиной. Возможно использование и произведенной установкой воды для впрыска ее в камеру сгорания и сокращения за счет этого расхода воздуха на охлаждение рабочего тела перед газовой турбиной.

Имеются возможности дальнейшего совершенствования установок на основе применения известных технологических решений, например, ступенчатого подвода тепловой энергии и ступенчатого сжатия воздуха с промежуточным его охлаждением и др. Возможные направления применения установок типа ЭТУ приводятся далее в данном предложении.

Расщепление цикла установок ЭТУ на цикл тепловой и холодильной машин с промежуточным отводом тепловой энергии между ними расширяет функциональные возможности в плане сочетания их с рядом высокотемпературных технологий, например, с технологией конверсии метана в смеси с водой. Такое сочетание технологий на основе ЭТУ является основой комбинированных технологических производств не имеющих альтернативы в будущем.

Литература

1. Балабанович В.К., Вербило И.Н., Скоробогатый Н.Н. и др. Энерготехнологические установки комбинированного цикла (статья в настоящем сборнике). —с.5.

УДК 621.165

ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ КОМБИНИРОВАННОГО ЦИКЛА

**Балабанович В.К., Вербило И.Н., Скоробогатый Н.Н., Пантелей Е.А.,
Пантелей Н.В., Федерякин А.Н., Кулак Е.В., Глазков П.И.**

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Применение многофункциональных (комбинированных) энерготехнологических установок (ЭТУ) в ближайшем будущем станет основой энергоемких производств. Один из вариантов таких установок представляющей собой сочетание тепловой и холодильной машин объединенных общим рабочим телом приводится ниже (рис.1).

Такая установка обеспечивают комбинированное производство ряда технологических продуктов из рабочего тела получаемого путем сжигания органического топлива в смеси со сжатым воздухом и названа нами как ЭТУ-1. В технологической схеме ЭТУ-1 из продуктов сгорания производится вода (H_2O), углекислота (CO_2), азот (N_2), тепловая- (Q_T), холодо- (Q_X) и механическая энергия (МЭ). В предельном случае такое производство является безотходным, что автоматически обеспечивает получение еще одного продукта – экологического эффекта (ЭК).